

公路线形与环境设计

〔西德〕汉斯·洛伦茨

〔日〕中村英夫 中村良夫 编译

尹家骅、赵恩棠
张文魁、沈华春 译

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

现代化的公路设计，要求有适合于快速、安全行驶的优美线形和环境。本书论述的线形设计，就是以预先选定的路线为基础，按照今后即将修建的公路来决定具体的几何形态，并满足地形、几何学、视觉、心理、气象等许多制约条件。本书阐述的环境设计是指在建成的公路上能创造出人们所想要得到的良好空间和优美的行驶环境，这种设计已成为公路设计的重要部分。本书还以深入浅出的笔法和引用大量数据分析，插入大量图片，形象地论述了路线的平面线形和空间线形、汽车行驶力学、土工和栽植、工程经济效果等。

本书实用价值和学术价值都很高，可供我国公路设计、施工、养护管理技术人员以及大专院校师生参考。

TRASSIERUNG UND GESTALTUNG VON STRASSEN UND AUTOBAHNEN

by

Dr. ING. E. H. Hans Lorenz

1971 Wiesbaden & Berlin

道路の線形と環境設計

〔西德〕汉斯·洛伦茨 著

〔日〕中村英夫 中村良夫 编译

鹿島出版会 昭和51年7月

公路线形与环境设计

尹家骅、赵恩棠、张文魁、沈华春 译

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092_{1/32} 印张：29 字数：584 千

1984年11月 第1版

1984年11月 第1版 第1次印刷

印数：0001—5,850 册 定价：4.60元

目 录

1.线形几何学.....	1
1.1 平面图	1
1.1.1 直线	1
1.1.2 曲线概况	6
1.1.3 圆	6
1.1.4 缓和曲线概述	10
1.1.5 抛物线	11
1.1.6 双纽曲线	13
1.1.7 回旋曲线	15
1.1.7.1 线形和公式	15
1.1.7.2 回旋曲线表	21
1.1.7.3 回旋曲线尺	28
1.1.7.4 万能曲线尺	29
1.1.7.5 曲率图	31
1.1.7.6 回旋曲线与曲线的组合	33
1.1.8 多参数曲线	46
1.1.8.1 两个参数的回旋曲线	47
1.1.8.2 椭圆、超椭圆及其他	48
1.2 高低图 = 坡度图 = 纵断面图	52
1.2.1 圆弧形竖曲线的近似计算	53
1.2.2 圆弧形竖曲线的精确计算	55
1.2.3 极大的曲率半径	56
1.2.4 纵坡坡度图 = 纵坡曲线图表 = 路线力线	56
1.3 立体线形(三维线形)	57
1.3.1 平面线形和纵断线形元素的协调	59
1.3.2 平面线形和纵断线形元素的不协调	59
1.3.3 在平面图及纵断面图上的相位移动	60
1.3.4 立体线形表现	60
1.3.5 用立体曲线模型表现立体线形	61
1.4 公路横断面	63
2.汽车行驶力学.....	65
2.1 平面线形、路拱横坡度与车速	65
2.1.1 直线路段	65
2.1.2 曲线路段	65

2.1.3	圆曲线路段	65
2.1.4	缓和曲线(回旋曲线)	78
2.1.5	关于汽车行驶的补充论述	86
2.1.6	路面等高线	87
2.2	高度图 = 纵断面图 = 纵坡线图	91
2.2.1	绪论	91
2.2.2	行驶力学在选线上的应用	91
2.3	行驶轨迹学	97
2.3.1	行驶轨迹的种类	97
2.3.2	行驶轨迹的调查	98
2.3.3	行驶轨迹的识别	100
3.	道路的视觉问题	104
3.1	道路透视图	105
3.1.1	概论	105
3.1.2	线形要素	109
3.1.3	线形要素的组合	113
3.2	视线诱导	114
3.2.1	道路线形的明确度	114
3.2.2	沿道路的垂直要素	123
3.2.3	能见性的补救	128
3.2.4	视觉上的警告	128
3.2.5	坏天气	129
3.3	视野	129
3.3.1	视距	129
3.3.2	视野的角度	138
3.4	夜间行驶	141
3.4.1	车头灯的照明	142
3.4.2	固定的照明设备	147
3.4.3	关于照明技术的基本概念	152
3.5	交叉口的视觉问题	154
3.5.1	立体交叉	159
3.5.2	平面交叉	159
3.6	透视图的绘制	161
3.6.1	对象物的注视与成像	161
3.6.2	由平面图与立面图绘制透视图	162
3.6.3	根据线形设计描绘的透视图和现实景观的组合	168
3.6.4	从高视点描绘透视图	174
3.6.5	立体观察与远景立体观察(立体透视图)	179
3.6.5.1	远景立体像片的制作	181
3.6.5.2	立体图的观察方法	182

3.6.5.3 立体观察等高线地图的方法(立体等高线图)	183
3.6.6 透视图画法的历史	185
4.造形、土工、栽植	189
4.1 地形	189
4.1.1 测量	189
4.1.1.1 摄影测量(测量地形)	189
4.1.1.2 新测量仪器	192
4.1.2 表示方法	195
4.1.2.1 无等高线平面图	195
4.1.2.2 有等高线平面图	196
4.1.2.3 透视图法	196
4.1.2.4 断面透视图法	196
4.1.2.5 光学模型	198
4.1.2.6 立体模型	198
4.1.2.7 非视觉模型(数字地形模型)	201
4.2 土壤与保水性——对规划的影响	201
4.3 道路设计与小气候	207
4.4 横断面	213
4.4.1 边坡	214
4.4.2 中央分隔带	221
4.4.3 设计处理	229
4.4.4 完全分离车行道	235
4.4.5 山腰路段的用地形成	240
4.5 用绿化稳定土壤	241
4.5.1 草地	241
4.5.2 在地面上栽植乔木、灌木	250
4.5.3 表土	250
4.5.4 用栽植进行绿化	254
4.5.4.1 方块草皮	255
4.5.4.2 插入柳枝法	258
4.5.4.3 岩石斜坡的绿化	262
4.6 关于风景区域的空间构成	267
4.6.1 现有的空间	267
4.6.2 由土方构成的空间	267
4.6.3 由栽植构成的空间	274
4.6.4 空间和移动	284
4.6.5 现存植被	285
4.6.6 新栽植	296
4.6.7 管理注意事项	300
4.7 休息设施	302

4.7.1	停车带	302
4.7.2	存车区	303
4.7.3	服务区	315
4.7.3.1	使用者期待的事项	315
4.7.3.2	供应设施和污水处理	316
4.7.3.3	场所的选择	317
4.7.3.4	构成	318
4.7.4	将来的变化	321
4.8	取土坑和弃土坑景致的处理	322
4.8.1	取土坑	322
4.8.1.1	废弃的取土坑	322
4.8.1.2	取土坑中的积水	323
4.8.2	弃土坑	327
4.9	土质及土方工程量	327
4.9.1	按粒径分类的土的名称	328
4.9.2	从工程施工观点看土的特性	328
4.9.3	土方计算	329
4.9.4	土方量规划	330
4.9.5	用石灰等改善土质	332
4.9.6	沼泽地的土质改善	333
4.9.7	防冻层	333
4.9.8	填方加固	334
4.10	排水	335
4.10.1	排水沟	335
4.10.2	向大气中的蒸发	337
4.11	自然保护和风景区保全	343
4.12	野生动物的保护	345
4.13	防风 and 防雪	348
4.13.1	防风	348
4.13.2	防雪	349
4.13.3	矛盾点	352
4.14	噪音防止	355
4.14.1	噪音	355
4.14.2	音的性质	355
4.14.3	道路上的对策	359
4.14.4	杂音	363
4.14.5	不规则噪音	363
4.14.6	施工现场的噪音	363
4.15	视觉公害: 路上及其周围的广告	364
4.15.1	公路及桥梁附近的广告牌	365

4.15.2	公共汽车	367
4.15.3	矛盾点	368
4.15.4	眺望	368
4.16	从不同观点看用地调查	368
4.16.1	现状的掌握	369
4.16.2	可能性的探讨	370
5.	线形	371
5.1	桥梁与线形	371
5.1.1	与整体线形的完全一致性	371
5.1.2	架桥地点的地形影响	376
5.2	设计速度 V_d	380
5.2.1	定义	380
5.2.2	设计速度的适用	380
5.2.3	设计速度的选择	380
5.3	道路建设规划的经济评价	381
5.3.1	比较计算	381
5.3.2	收税公路	383
5.4	公路规划的变更	384
5.4.1	分期修建(首先只修建一个方向的车道)	384
5.4.2	现有行车道的扩宽	386
5.4.3	原有汽车道路的阶层化	387
5.4.4	公路群整体的管理	388
5.5	线形特性	388
5.5.1	在里程条形图上用图表示的方法(线形图)	389
5.5.2	线形的统计	390
5.5.2.1	平面线形(表79)	391
5.5.2.2	纵断线形(表80)	395
5.5.2.3	立体线形	401
5.5.2.4	特性图	403
5.6	工程设计	403
5.6.1	与工程完成有关的统计	404
5.6.2	工程费用的统计值	405
5.6.2.1	各个工程项目占全部工程费用的百分率(表88)	406
5.6.2.2	各个项目每项工程费用的绝对金额(表89)	407
6.	线形实例集	411
6.1	魏斯基尔申(Weiskirchen)	411
6.2	阿沙夫峡谷(Aschafftal)	412
6.3	赫斯河(Hösbach)附近	414
6.4	斯佩萨特(Spessart)梯形丘陵地	415
6.5	雷特海姆(Rettersheim)城市附近	417

6.6	兰德尔扎克(Randersacker)	419
6.7	哈泽尔峡谷(Haseltal)桥	421
6.8	费马恩宗德(Fehmarnsund)桥	422
6.9	法勒克拉姆(Falleklamm)桥	423
6.10	韦拉(Werra)桥	424
6.11	鲁尔(Ruhr)峡谷的明塔德(Mintard)桥	426
6.12	西恩峡谷(Sinntal)桥	427
6.13	登上克尼尔(Knüll)山岭的爬坡路段	429
6.14	布洛姆河峡谷(Blombachtal)	431
6.15	朗根施太因河(Langensteinbach)	432
6.16	克拉楠山(Krahuenberg)	433
6.17	默尔峡谷(Mölltal)	434
7.	附录	435
7.1	数表	435
7.2	希腊字母表	439
7.3	摄氏、华氏、列氏温度换算式	440
8.	参考文献目录	441

1. 线形几何学

1.1 平面图

本节论述线形设计的曲线线状及其各种组合。

1.1.1 直

在道路建设中，直线对于规划人员和设计人员比对用户更具有利的特殊性质。人们认为直线易于精确地进行思考、设计制图、计算以及设置中线等作业。平时用肉眼或望远镜能通视的地方，容易自然而然地确定为直线。

直线当然是带有方向性。光是直线前进的，所以用肉眼或通过一切光学仪器所见的视线也是直线。重力也是垂直作用的，所以物体垂直地降落；树木则逆重力方向而垂直地向上生长。

建设道路是为人们所驾驶的车辆行驶服务。其时人们并不总是沿直线行走，而且也不认为需要那样。

实际中，最短路线很少采用直线。的确，直线是两点之间的最短连接，航空交通就是使用了这种连接。然而，道路建设是连接两个已指定地点的问题；从而除了特殊情况外，一般是用圆曲线以及反向曲线等来连接。

在几乎所有的情况下，直线指向与目的地不同的方向；它总是靠近最近的曲线方向。仅在比较短的路段里，直接指向目标的直线才有用；但这目标必须符合明确的路线方向。

精确决定方向的直线，根据工程技术的观点，对于象吊桥那样具有很大跨径的桥梁才能利用。在这直线的两端，还应尽可能在路线的一连串曲线之间插入平缓的缓和曲线。

在两条同向曲线之间插入直线，形成不连续的线形，它不过是经常的较好代用手法。

在两条反向曲线之间，插入直线并不太好；它只给设置超高带来不利的影响，并无其它效益。如果认为需要在反向曲线之间插入直线，就应该有充分的理由。以某一角度互相连接的两条直线，形成折线；若干条直线相继连接，又形成之字形线。人们不能让车辆行驶在这样的道路上，所以必须在其间插入缓和曲线。由于这种原因，就必须把这种折线或之字形直线用曲线加以连接。舒尔策——纳姆堡（Schultze-Naumburg）⁽⁴⁶⁵⁾ 1915年人们还在车道上步行的时候就指出：“随着汽车交通的发展，确实伴随时代的前进，似应由大半径曲线来解决路线的折线问题”。

带有连接圆弧的直线 具有长直线的路线线形与拿破仑以及玛利亚·泰来几亚领导下修建的长距离道路一样，也许是在古罗马以及印加(Inca)帝国[●]等所修建的。这种长直线的道路是从一个广场开始，在眼睛充分看到的远处设置一个目标测定出直线而修建的。在这个目标之处，为了在预先设置的恰当地点向更远的目标前进，根据需要改变了方向。为了改变路

● 印加(Inca)帝国为古代南美洲的一个国家，1532年被西班牙人入侵而灭亡。——译者

线方向，一般用很小的圆弧连接；那是因为对马车通行已满足要求的缘故。现代大型道路不仅在地面上，且在地图上进行选线。然而，在许多国家里已不选用为马车行驶的旧有最小半径，而选用为汽车行驶的最小半径，以致遗留上述的折线线形。

折线线形比最佳连续的曲线线形更长；在一般情况下，人们可以避免产生这种多余的路线长度。当路线方向改变的角度小且道路区间又短时，仅仅是稍微绕道。然而，在路线方向急速变更时，由于插入曲线，似乎在路线区间长度内占有相当的百分率，这时就要浪费工程建设投资，而且每天不得不付出无益的费用，例如多修成几百米长的路段就是问题。假定要选舒适的路线，则需付出高昂的代价。表 1 是路线长度的比较表。

表 1

半 径	切线交点处的方向转角 α°	10	20	30	40	50
1	2	3	4	5	6	7
$r = 1$	切线的合计长 $= 2t$					
	$\quad \quad \quad = 2r \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$	0.15740	0.31676	0.48116	0.64984	0.82842
	曲线长 $b = r \cdot 0.015708 \cdot \alpha$	0.15708	0.31416	0.47124	0.62832	0.78540
	差 $\Delta l = 2t - b = r(2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - 0.015708 \alpha)$	0.00032	0.00260	0.00892	0.02152	0.04302
	缩短的距离					
$r_n = 2r_1$		0.10%	0.42%	0.95%	1.71%	2.74%
$r_n = 5r_1$	$\frac{(100 \cdot (n-1) \cdot \Delta l_1)}{n \cdot b_1}$	0.016%	0.66%	1.51%	2.74%	4.37%
$r_n = 10r_1$		0.18%	0.75%	1.70%	3.08%	4.93%

说明：从表中可知，优美的线形，其长度短于有较小缓和曲线的折线线形。用一条曲线（简单情况下为圆曲线）连接两条切线时，就在两条切线和圆曲线之间产生不同程度的 Δl 。如把小圆弧与相当大的圆弧对比，则当最小半径为 r_1 、最大半径为 $r_n = nr_1$ 时，与小圆弧相比而缩短了距离为： $\Delta l_n - \Delta l_1 = (r_n - r_1) \Delta l_1$ 。
例如：假定 $r_1 = 1000$ 米， $r_n = 6000$ 米， $\alpha = 40^\circ$ ，结果多出的距离为： $(6000 - 1000) \times 0.02152 = 107.6$ 米。
按表中公式计算%值，即使乘以 $b_{\text{e.g.}}$ ，结果也是相同的。

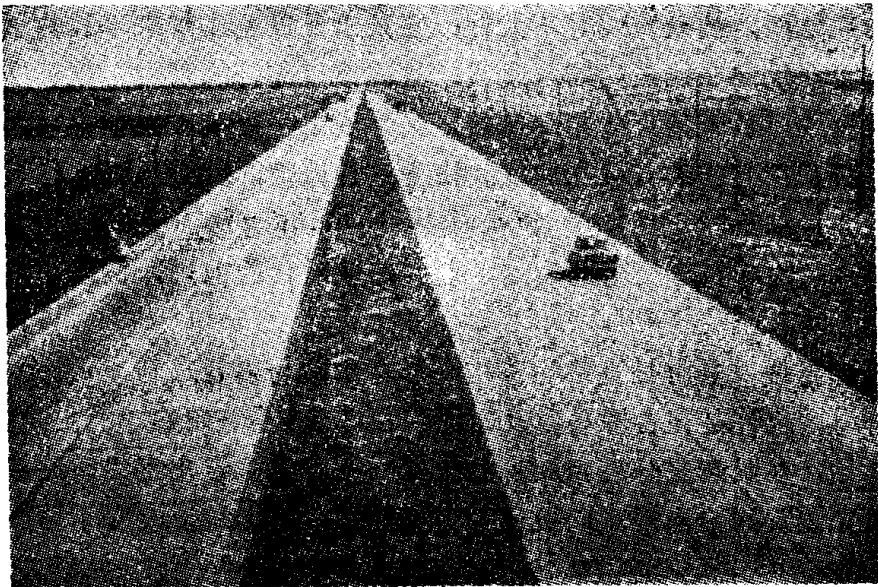


图 1 通过长路段的平坦直线。像这张照片一样，线形缺少变化，还处于人烟稀少的荒野中。

大致看来，例如一条路采用折线，这样产生的多余长度只有 1 %，这对于一万公里长的高速道路网来说，就要修建 100 余公里长的毫无意义的多余路线，将使几百万车辆通过这些绕行的路线。



图 2 路线往往通向前方方向不明确的地方。如本照片所示，道路前方是一座山，直线没有伸向前方。

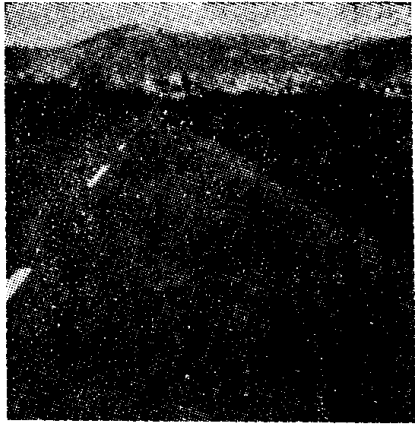


图 3 在形式上，教会的一座塔当作直线道路区间的目标。



图 4 设置笔直的中心线结果，人们似乎并不感到是一直的走在森林之中，而不如认为感到走在两块森林之间的路线地带。

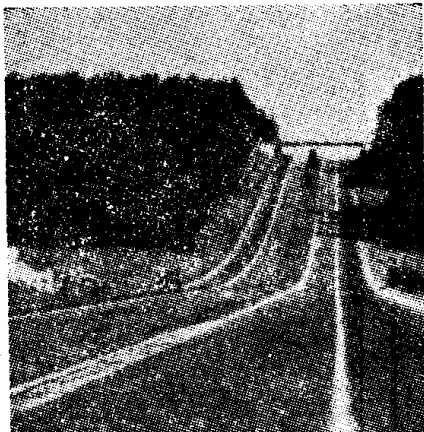


图 5 坡顶有跨线桥的直线。这种并不新奇的外观，似乎给人们一种通过天门的感觉。伐开的森林提高了路线的效果。



图 6 平坦的直线。背景中的直立树木处在单调之中，给以若干视觉上或时间上的划分。



图 7 在丘陵背上出现直的切口，使人感到树木生长茂密的地平线中断，似乎是一个裂口。

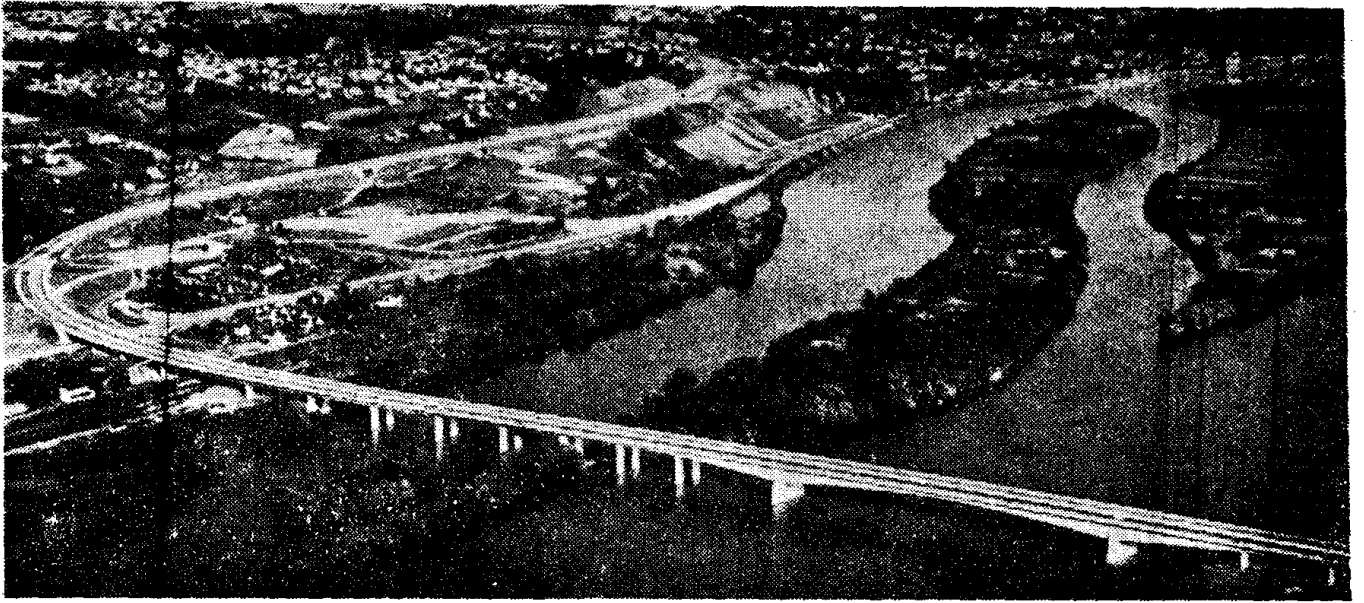


图 8 路段上具有大跨径桥梁，可能使该路段修成直线的原因。

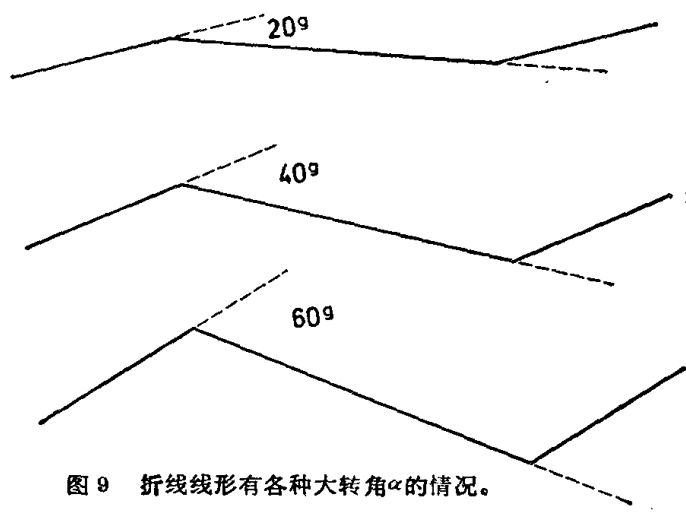


图 9 折线线形有各种大转角 α 的情况。

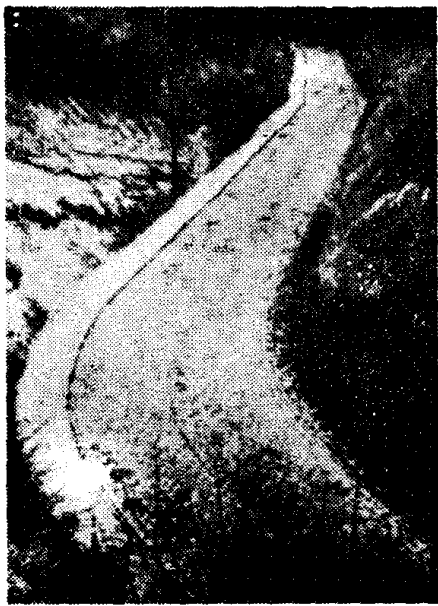


图 10

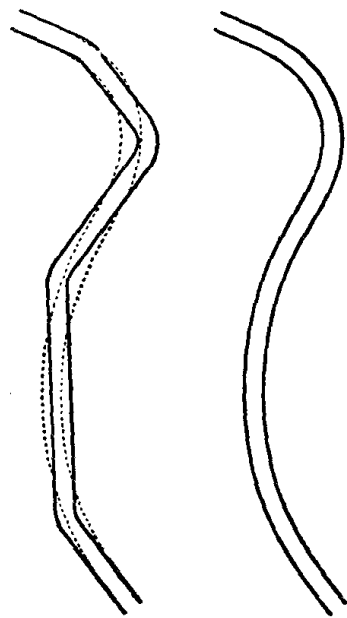


图 11

图10~11 据文献465，舒尔策·纳姆堡已在1915年将折曲的公路评为不佳的线形，并提出了使路线平顺的建议。



图12 对旧公路和在几何学上不完整的中心线加以改善形成了不自然的乡村道路。



图13 在高速公路上，也用短曲线连接起非常长的直线部分，就形成了折线型。

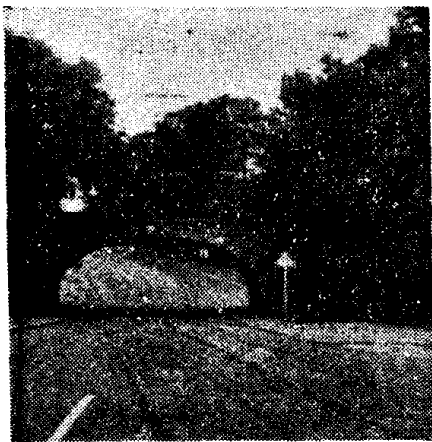


图14 路面电铁路线的线形被道路形状所左右。因此，道路的形状又被道路建设所左右。由于这种原因，就产生了富于一般变化的线形，车辆不得不数次挂挡加速，特别是缺少缓和曲线时更是如此。

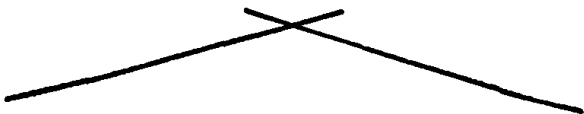


图15 在平面图上交叉的两条直线。

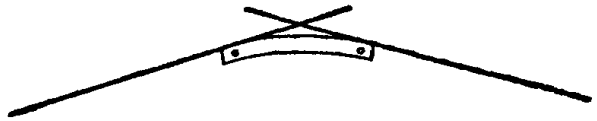


图16 如只用小圆弧连接，就造成了路线有较大的绕行。

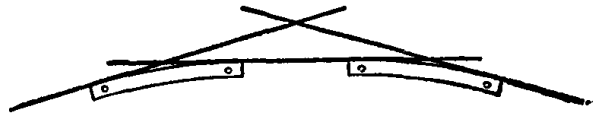


图17 中间一条直线和两个短曲线连接，技术上妥善地解决了困难。



图18 技术上虽已得到满足，但在视觉上、交通工程学上有了问题。

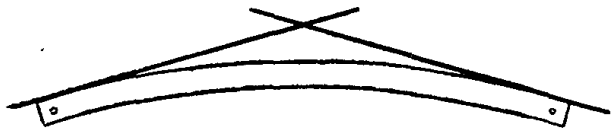


图19 如果使用相当长的圆弧连接，不会产生上述那样的缺点。

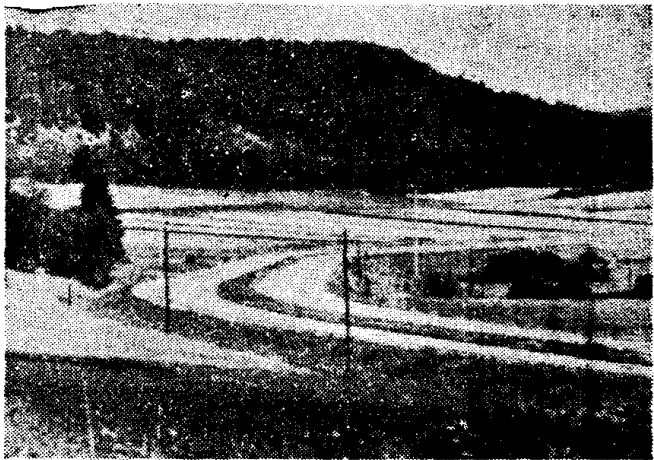


图20 从驾驶员的视高看来，在两个同向圆弧之间插入短的中间直线比起航空摄影还显得不自然。

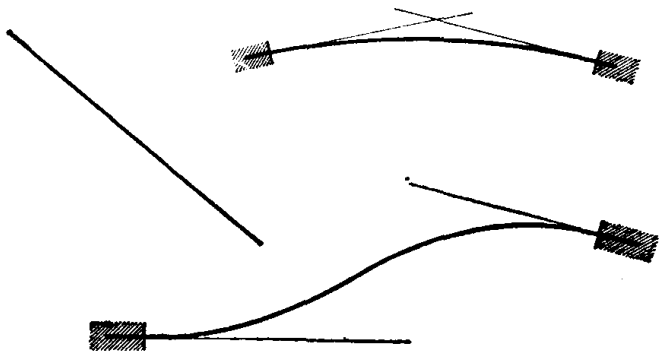


图21 直线是两点之间最短的连接，这在道路建设中几乎看不到。在所给的两条切线之间，普通曲线或S曲线是最短的连接。

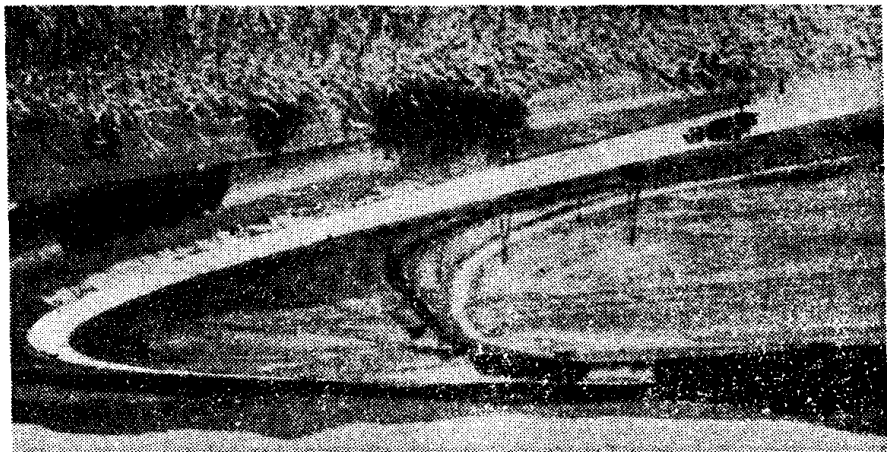


图22 三个时代：图中左边是沿土地边界的旧路；中间是从图面上看到原地平移修建的铁道，人们会感到在弯道之前不断的冒着蒸气，进入弯道途中又冒着蒸气运行。图中右边为高速公路（未竣工路段的最初车道），为了达到一定的高速度，因此用大半径连接。

1.1.2 曲线概况

长期以来，人们自然而然地形成的一个概念，即曲线的作用就是连接两条直线路线。然而，可以说，这样对曲线评价太低了。按照地形平面或立体的不同形态和大小选用曲线远比直线更能表达当地的实际情况和其他形态。

除了从前几何学中按曲率是常数这一特点而获得特殊地位的圆弧外，随着道路路线的发展，可以绘出曲率连续变化的无数曲线。在 1.1.4（缓和曲线）中，将论述在道路建设中最常使用的曲线。

1.1.3 圆

圆弧是最简单的曲线；在圆周上任何一点都具有相同的半径，因而有相同的曲率。半径是圆的参数，也就是为把圆放大或缩小的常数。此时，就得到半径为 1 的圆，这种圆是数学上的单位圆。

$$x^2 + y^2 = r^2, \quad x^2 + y^2 = 1$$

$$\text{圆周 } U = 2\pi r$$

$$\text{切线角(弧度单位)} \widehat{\alpha} = \frac{1}{r}$$

$$\text{对于单位圆}(r = 1)\text{时}, \widehat{\alpha} = 1$$

$$\text{切线角(新度单位)} \alpha^{\text{g}} = \frac{1}{r} \cdot 63.662$$

$$\alpha^{\circ} = \frac{1}{r} \cdot 57.296$$

圆的划分

全圆周划分为 360° （旧度） 1 度分为 60 分，1 分分为 60 秒。这种分法是基于 12 进位思想的（作为 12 进位法的单位是：1 打 = 12 个；1 捆 = 60 个；1 罗 = 12 打 = 144 个）。

使用分、秒为单位，计算繁杂，需要花费时间，容易错误，最后成为小数，终究还要把秒再加以细分。因此，在一些国家使用百分度（或称新度[grad]）的小数来代替分、秒，并编制成表。随着考虑以 10 为单位的 10 进位法，取代了以 12 为单位的 12 进位法。

全圆周分为400^g (g = grad, 新度) 这种度制是用 10 进位法把度进一步细分而成的 (再者, 在必要的情况下, 规定 g/100 叫做“新分”, 1/100新分 = g/10,000, 叫做新秒)。

400^g 由 4 个 4 分圆构成, 每个 4 分圆相当于 100^g。全圆周分为 2 等分、4 等分、8 等分, 完全与采用 360° 度制相同; 采用 400^g 时, 也可用整数来表示。但是 4 分圆的 2/3, 按新度计, 60° = 66.666^g, 不成为整数。

地球仍按 360 经度与 180 纬度划分。进行天文计算的天球也是同样的。在地球上, 1 海里 = 经线间距的 1/60 = 1852 米。这样, 同时存在着两种划分法, 针对各种方法, 可编制成相应的数表。

用弧度制划分全圆周 在单位圆上, 以单位半径 $r = 1$ 沿圆周量测, 可取至 6 次以上; 也就是说, 因圆周长为 $2\pi r$, 约可取至 6.28 次。这种非整数次数圆的划分是最自然的划分。所以这样说, 是因为这种划分是有其道理的, 它和度数法或多或少受一定的制约为前提是不同的。圆的公式 $1/r = \widehat{\alpha}$ 是为了在数学上建立切线角的关系, 才使用了弧度。另外, 表 90、91、92 是反过来把弧度换算为旧度, 以便估算查用。关于角度表示, 并不逐一考虑圆弧而使用弧度这一术语。

新度	旧度	弧度
0	0	00
10	10	01
20	20	02
30	30	03
40	40	04
50	50	05
60	60	06
70	70	07
80	80	08
90	90	09
100	100	10
110	110	11
120	120	12
130	130	13
140	140	14
150	150	15
160	160	16
170	170	17
180	180	18
190	190	19
200	200	20
		21
		22
		23
		24
		25
		26
		27
		28
		29
		30
		31

图23 旧度、新度、弧度比较图。

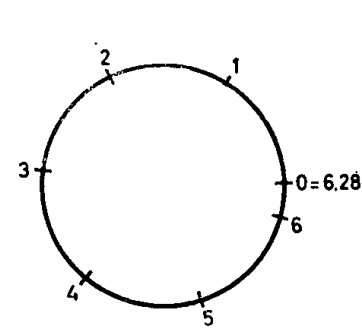


图24 用弧度制划分的圆。
半径单位长为 $r = 1$ 。

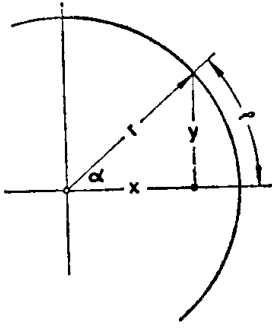


图25 用普通表示法的计算符号。

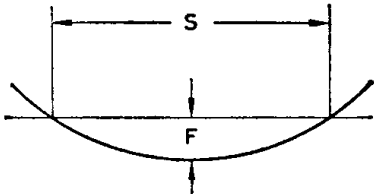


图26 由弦长S和支距F计算出任意圆弧的半径。

旧度制中的圆弧 英国的几何学家在很早以前就创立了圆弧的定义。它不是按照人们在地面上实际看到而不能量测的圆半径, 而是采用 100 英尺 (30.4 米) 长的测链。这种测链如果强弯成圆形, 则是小圆的一部分; 如果缓弯时, 则是大圆的一部分。求出测链终点的主切线角度, 由此给出圆的曲率定义。例如, 1° 的圆是在 100 英尺 (30.4 米) 弧长之间作 1° 的方向变化。实际情况是, 因为弧的一部分长度或长或短于 100 (30.4 米) 英尺, 所以不是让曲率对度数发生关系, 而是与相应的终点的切线角相联系。一目了然, 就可知道旧度制与弧度制之间的换算关系。

$$\frac{\text{弧度}100\text{英尺}}{\text{圆周}2\pi R} = \frac{D^\circ}{360^\circ}$$

$$\therefore D = \frac{100 \cdot 360}{2R \cdot 3.14159} = \frac{5729.58}{R}$$

一般用整数：

$$D = \frac{5730}{R}, \quad R = \frac{5730}{D} \text{ (见表 93, 94)}$$

还有，利用以下关系，可由弧长和曲率求出与圆弧对应的切线角：

$$\frac{\text{实际弧长}}{\text{弧长100英尺}} = \frac{\text{切线角}}{\text{曲率 } D^\circ}$$

$$\alpha^\circ = \frac{L \cdot D^\circ}{100}; \quad L = 100 \cdot \frac{\alpha^\circ}{D^\circ}$$

上述公式是用与弧度制中的 $\hat{\alpha} = \frac{L}{R}$ ， $L = \hat{\alpha} \cdot R$ 相对应的旧度制关系表现的。

Δ	R (英尺)
10°	572.94
30°	190.08
45°	127.32
60°	95.49

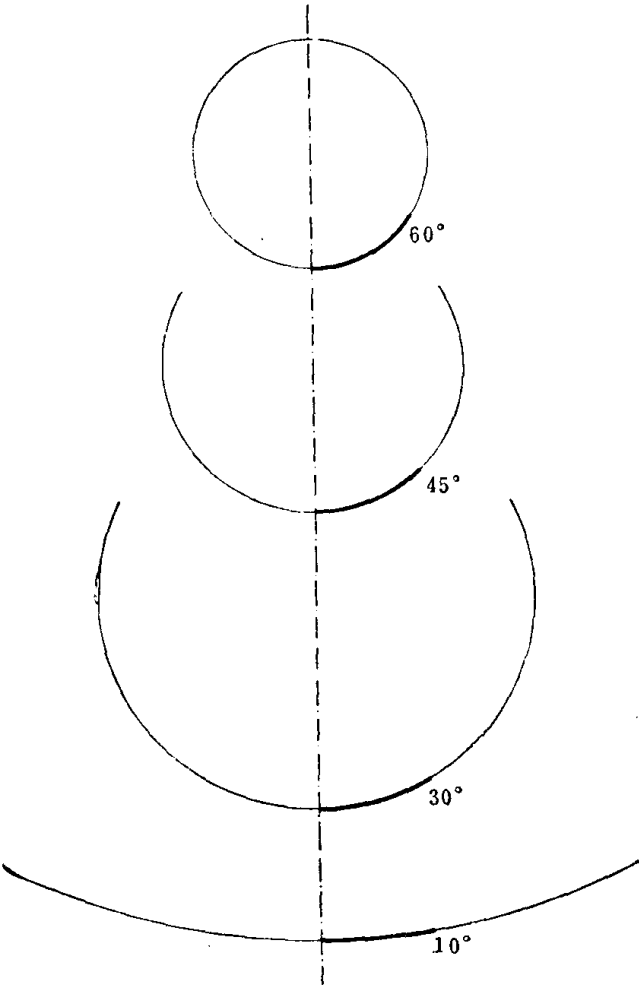


图27 在旧度制中，所有情况下，都用弧长100英尺时，按切线角决定曲率。

前述旧度制是按圆弧而定义的，但还有按弦来定义另外的形式。在该形式中，100 英尺 (30.4米)的测链不是按弧，而是按弦使用的。然而，这种形式只适用于半圆以及超过半圆那样的大切线角，一般很少使用。

因为旧度制在数学上不是建立在英尺制上，所以在以测链100米取代100英尺的情况下，公式或表也通用于米尺制。

缓和的圆弧 当圆弧半径很大时，圆弧就很缓和，所以常说成可用直线代替，但是一般并不这样随意代替，而且也不这样考虑。例如，假定某一个半圆半径为 2000 米或 2000 米以上，无论如何也发生了微小方向变化，它与直线并不一致。所以只有在适当大的半径的小圆

弧，或曲线长度相当短时，才可以把曲线近似地看成直线。尽管如此，曲线部分和直线部分还是稍微有些不同；这时的弧度，大体上以 $\widehat{\alpha} = 0.02 = L/R = 1/50$ 为上限。在新度单位(grad)或旧度单位中，大致相当于 1° 。如此处所定义的曲线区间，半径越大，曲线越长。如假定 $L = 0.02R$ 或 $L = R/50$ ，当 R 为100米时，仅产生2米稍长的曲线区间，但 $R = 1000$ 米时，至少产生200米的曲线区间。

圆弧的组合 我们可以将具有多种多样半径的圆弧互相连接起来，在巴洛克建筑形式(baroque architecture)①中常常可以看到这种组合。那些式样被称为**箎篱型回旋曲线**。在道路建设中，互相连接的曲率应当尽量接近。不少的设计标准，都对圆曲率规定了极限值(参照表2)。但是在可能的地方，可以推荐使用卵型曲线来代替纯粹的“箎篱型回旋曲线”，这就是在连接两个不同曲率的圆之间可以插入缓和曲线。同缓和曲线一起，组合成的主曲线，也可说是箎篱型的回旋曲线。西德《市外道路技术标准》⁽²⁵⁾(RAL②)在1937年曾对前曲线(缓和曲线)半径采用主曲线的2倍(参照图33)。西德《城市道路技术标准》⁽³⁴⁾(RAST)③对城市道路曾按 $3R$ 、 $1.5R$ 、 R 顺序计划了三个阶段的组合。它的构造和考虑方法比较简单，但不易图表化。因此，《西德城市道路技术标准》也参考了3次抛物线或回旋曲线。回旋曲线在德国普及的时候，克勒曼(Klemann)⁽⁵⁷⁾为编制缓和曲线曾把互相连接的圆弧按表格形式做了大量的组合。互相连接的圆弧半径每次只不过变化约1%弱，表中各点之间的距离仅有2~3米。这个距离就是圆、箎篱型回旋曲线和回旋曲线之间的界限。所以这样说，是因为要使圆弧更短，为取代它，越以多数大半径的小圆互相连接就越能接近完全的回旋曲线的缘故。

现有道路圆曲线半径的调查 为了交通调查，或者为改建道路而进行的事前调查，假定没有原有道路设计图纸，也可以求出任意路段的圆曲线半径。如图26所示，依据平面几何定理即可算出 R 。

$$\left(\frac{S}{2}\right)^2 = F \cdot (2R - F)$$
$$R = \frac{S^2}{8F} + \frac{F}{2}$$

踏勘调查就可满足要求的情况下，可步测测出弦长 S 和支距 F 。在道路中线的曲线范围内任选两点作为弦的起、终点，并加以标记，量出 S 和 F 值，利用上面的算式，就可求出曲线半径 R 。如果两点相距越远，则测定结果越准确。如果将弦的位置选在行车道内侧则量测就相当麻烦。

① 巴洛克建筑形式为十七世纪欧洲的一种建筑形式，常用凹凸的曲面及椭圆等轮廓线表示建筑物的美观、豪华。——译者
② RAL，即“Richtlinien für die Anlage von Landstraßen”的缩写词。——译者
③ RAST，即“Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen”的缩写词。——译者
④ RAL-L为“RAL-Element der Linienführung”的缩写，即西德《市外道路部分技术标准——线形要素》。——译者